

上海市水利管理处

Shanghai Water Conservancy Management

水利科技

- 水利科研
- 科技动态
- 论文集萃

信息搜索

抗震设计 水工建筑物的生命

我国是一个地震频繁的国家。仅以四川省为例，1955年、1973年、1976年分别发生过康定7.5级、炉霍7.6级、松潘—平武7.2级大地震。

地震发生的原因是多方面的，人类工程活动如注水和修建水库等也可诱发地震。构造型诱发地震的内因是岩体贮存了构造能，水库蓄水后可能导致构造应力提前释放，从而诱发地震。岩体贮存了一定的构造能，是诱发地震发生的前提条件。还有一类是水库蓄水后库水压入溶洞引起塌陷和气爆，对水体较集中的水库还可能引起区域荷载重新调整导致岩石滑移而诱发地震。

国家有关抗震设防标准

为了防御与减轻地震灾害，保护人民生命和财产安全，1997年全国人大通过了《中华人民共和国防震减灾法》，对地震监测预报、地震灾害预防、地震应急、震后救灾与重建等作了明确规定。

根据《中华人民共和国防震减灾法》，国家质量技术监督局2001年颁布了《地震动参数区划图》，直接采用地震动参数（地震动峰值加速度和地震动反应谱特征周期）进行抗震设计，不再采用地震基本烈度。现行有关技术标准中涉及地震基本烈度概念的，将逐步修正为由动参数来准确表达。

一般情况下，抗震设防可直接采用地震动参数区划图的地震动参数。抗震设防要求高于地震动参数区划图抗震设防要求的重大工程、可能发生严重次生灾害的工程、核电站等核设施建设工程，位于地震动参数区划图划分界线附近的建设工程，某些地震研究程度和资料详细程度较差的边远地区以及位于复杂工程地质条件区域的大城市、长距离生命线工程等，其设防要求不能直接采用地震动参数区划图，而须做专门研究。此外，铁路、交通、民用航空、水利等专业主管部门分别制定有各专业的工程抗震设计规范。

抗震设防的目标是：小震不坏、中震可修、大震不倒。汶川地区地震设防烈度为7度，而“5·12”地震震中烈度达到了11度，远远超过设防烈度，建筑物倒塌在所难免。

水工建筑物的抗震设防要求

水工建筑物，特别是水坝，一旦溃决，将带来极为严重的次生灾害。因此，为做好水工建筑物的抗震设计，减轻地震破坏及防止次生灾害，水利及水电行业制定有专门的《水工建筑物抗震设计规范》，主要适用于设计烈度为6度、7度、8度、9度的1级、2级、3级碾压式土石坝、混凝土重力坝、混凝土拱坝、平原地区水闸、溢洪道、地面厂房、地下结构等水工建筑物的抗震设计。

国内外震害情况表明，水工建筑物一般从地震烈度达到7度时开始出现震害。因此，各国都以7度作为抗震计算和设防的起点。设计烈度为6度时，抗震计算不起控制作用，只需要对重要建筑物采取适当的抗震措施。设计烈度为9度以上的工程，国内外仅有个别实例，还都未经过设计强震考验。因此，对于设计烈度高于9度的水工建筑物或高度大于250米的壅水建筑物，需要专门研究其抗震安全性，并报主管部门审查、批准。

水工建筑物工程场地震动参数应根据工程规模和区域地震地质条件，分两种情况分别确定。一般情况下，抗震设防可直接采用地震动参数区划图的地震动参数。基本烈度为6度或6度以上地区的坝高超过200米或库容大于100亿立方米的大型水利工程，以及基本烈度为7度及7度以上地区坝高超过150米的大

(1)型水利工程，其设防依据应根据专门的地震危险性分析提供的峰值加速度成果评定。

水工建筑物在不同的设计阶段抗震设计的内容也不同。建筑物选址阶段，抗震设计的主要内容就是选择对建筑物抗震相对有利（如坝址8公里范围内无活断层，库区无大于或等于5级的地震活动）的地段；场地选择后，要选择抗震性能好的建筑物型式及建筑物布局，如小浪底枢纽选用地下厂房，而不采用半地下厂房，抗震安全是影响决策的重要因素；工程实施阶段，要根据地震动峰值加速度等对建筑物进行抗震计算，采取相应的抗震措施，包括软弱地基的加固处理。

在进水塔群设计中一般采用多种稳定分析方法以及大型振动台试验进行整体稳定性评价，设计中采取适当放缓体型变化幅度、提高混凝土标号、加强配筋等抗震措施。

重力坝设计中的抗震措施，一般包括简化建筑物体型，在地形地质条件突变处设置横缝，并选用变形能力大的止水型式及止水材料。

对于土石坝，宜选用直线或向上游弯曲的坝轴线；由于刚性心墙抗震性不如塑性心墙，所以最好选用塑性心墙；大坝安全超高应包括地震涌浪高度；选用抗震性能和渗透稳定性较好的土石料筑坝；不宜在坝下埋设输水管等。当库区可能因地震出现大体积塌岸或滑坡引起涌浪时，应专门进行研究。

地下结构（包括隧洞、地下厂房）布线时应避开活动断裂带和浅薄山嘴；宜选用埋深大的线路，两条线路相交时，应避免过小的交角；转弯段、分岔段、断面尺寸或围岩性质突变的连接段的衬砌，宜设置防震缝。

水闸底板可设置齿墙、尾坎等，防止地基与闸底板因震脱离而产生管涌或集中渗流；闸室结构布置力求匀称，并宜采用钢筋混凝土整体结构。尽量减轻机架顶部重量，采取防止落梁措施等。

地震时，坝顶加速度大，相应地震惯性力大，因此，坝顶附属结构容易产生断裂、倾斜或倒塌等震害，因此坝顶要采用轻型、简单、整体性好、具有足够强度的结构，减小附属结构突出于坝体的尺寸。

必须横跨活断层的建筑物，目前还没有有效的抗错断的工程措施。因此，在条件许可时，建筑物布置要避免横跨活断层。

小浪底水利枢纽工程的抗震设计

小浪底水利枢纽属于特大工程，大坝一旦溃决将产生极为严重的次生灾害。考虑到工程的重要性、复杂的地质背景以及地震预测的困难性，抗震设计不能直接采用地震动参数区划图中的地震动参数，而是采用基于概率理论的地震危险性分析方法，同时进行了水库诱发地震和地震动参数的分析。经有关专家综合分析后认为，大坝整体是稳定的，不会发生溃坝灾害。下游坡脚临空面采用石碴压坡后，既可以确保左岸单薄分水岭在烈度为8度的地震作用下的稳定，也可以解决下游坡脚基础因震液化问题。

为研究水库诱发地震的诱发机理及发展趋势，预测、预报构造地震和水库诱发地震，小浪底水库在水利水电系统首次建造了水库诱发地震遥测台网，可监控大坝上游40公里、下游8公里，总计约1400平方公里的范围，可以记录监控范围内0.5级以上地震，震中定位精度可达0.5公里。

抗震减灾工程是一门需要在实践中不断总结和发展的学科。50年来我国的水工建筑物设防标准已经历过多次不同程度的修订和完善，目前的设防标准是依据国家监测地震动参数区域分布，划分不同地方应该设防的水平。随着技术、经济和测量水平的提高，国家地震动参数也在修订，水工建筑物抗震标准也要进行相应的修订。汶川大地震必将为我国进一步总结经验，改进水工建筑物抗震工作提供经验。

（作者为黄河勘测规划设计有限公司南水北调西线设计副总工程师）

附件：

作者：杨维九

来源：黄河报·黄河网

日期：2008-05-27

首页 | 信息公开 | 行业管理 | 信息简报 | 水利科技 | 党的建设 | 便民服务

上海市水利管理处

地址：上海市南苏州路333号华隆大厦23楼 邮政编码：200002 电话：63216790 Email: shsl@shsl.org.cn

（建议您将电脑显示屏的分辨率调整为1024*768浏览本网站）